



1



2

01.INTRODUCTION - 팀소개



INNOSYS



INNOSYS는 부산대학교 건축공학과 구조 동아리로써, INNOvative Structure sYStem의 약자로 혁신적인 구조시스템을 뜻하며 구조물의 내진설계에 대한 기본 개념을 바탕으로 창의적인 아이디어를 접목시켜 혁신적, 기능적인 구조시스템을 개발하는데 이번 대회의 목적을 가지고 있습니다.

담당 교수님

부산대학교
건축공학과
오상훈 교수님
(자문위원)

팀원 소개

장세웅(3학년)

- 지진파분석
- 구조해석
- 물성치분석
- 구조물 제작

김강현(3학년)

- 모델링
- CAD 작성
- PPT 제작
- 구조물 제작

박진석(3학년)

- 경제성 분석
- 시공성 분석
- PPT 제작
- 구조물 제작

이동업(3학년)

- 경제성 분석
- 구조해석
- 물성치 분석
- 구조물 제작

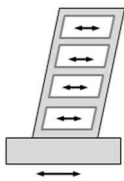
SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2022

3

01.INTRODUCTION - 설계 개념



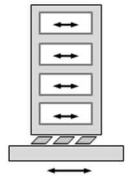
내진 설계 개념



내진 구조

구조물의 강성 / 강도 부어를 통해 자체의 내력으로 지진에 저항

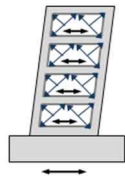
- 기둥의 단면적 조절, brace 설치, gusset plate 설치 등
- 단순히 강하게 만드는 것이 아닌 본 대회 규정에 맞는 구조물에 최적화된 시스템 구현



면진 구조

면진장치를 이용해 지진으로 발생하는 진동의 주기 길게 변화시켜 건물이 받는 에너지 줄임

- 한정된 재료 내에서 효율적인 면진 시스템 구현을 위한 독창적인 아이디어 필요
- 경제성 및 시공성 철저히 고려



제진 구조

진동에 대응한 제어력 가하여 구조물의 진동을 저감하거나 강성이나 감쇠등을 변화시켜 구조를 제어

- 한정된 재료 내에서의 제진 시스템 구현이 어려움
- 정확한 제진시스템의 내력산정이 까다롭고 재료의 이용에 비해 효율성 저하



- Gusset plate, brace 설치로 인하여 구조물의 강성 부여
- 독창적인 아이디어를 통한 면진 시스템 구현
- 중간층 면진 장치를 사용해 상부에 작용하는 충격 최소화

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2022

4

01.INTRODUCTION - 지진파 분석

내진 설계 목표 및 성능 수준 분석

지진하중	
유효수평지반가속도	
재현주기(년)	유효수평지반가속도(S)
500	0.3g
2400	0.6g
지반증폭계수	
설계스펙트럼작성시 단주기 지반응답증폭계수(R_u)와 1초 주기 지반응답계수(R_0)는 1.5로 가정	

진동대 실험 규정

인공지진파	Sine Sweeping 지진
<ul style="list-style-type: none"> 인공지진파 제작을 위한 설계 스펙트럼 주파수 대역은 0.5Hz~30Hz 상관관계가 0.3이하인 두개의 지진파를 수평 2방향(X축, Y축)으로 동시에 가진 	<ul style="list-style-type: none"> 일정한 Peak의 정현파를 임의의 주파수 대역에서 임의의 속도로 증가 또는 하강시키며 지진 수평 1방향(X축)으로 가진

내진 설계 기준 공통 적용 사항

※ 지진구역 및 지진구역계수(Z, 재현주기 500년 기준)

지진구역	행정구역		지진구역 계수(Z)				
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11g				
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원					
재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년	4800년
위험도계수(I)	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

- 지반종류: S₂ 알고 단단한 지반 - 지진구역: I

지진파 분석

단주기 설계스펙트럼가속도(s_{DS})

$$= S \times 2.5 \times F_a \times \frac{2}{3}$$

- 500년 : 0.75g
- 2400년 : 1.5g

1초주기 설계스펙트럼가속도(s_{D1})

$$= S \times F_v \times \frac{2}{3}$$

- 500년 : 0.3g
- 2400년 : 0.6g

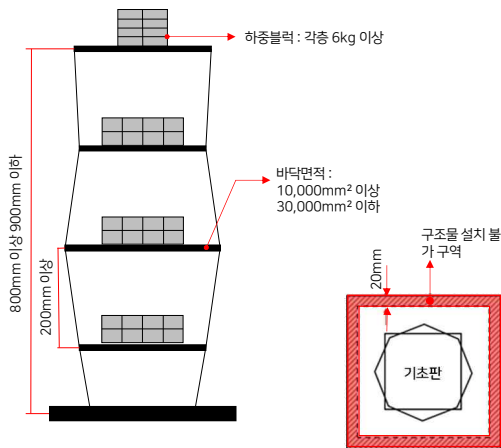
구조물의 고유주기

- $T_0 = 0.2s_{D1}/s_{DS} \rightarrow 0.08$
- $T_S = s_{D1}/s_{DS} \rightarrow 0.4$
- $T_L = 5sec$

0.08 ~ 0.4sec에서 설계 스펙트럼 가속도 최대

01.INTRODUCTION - 대회 규정 분석

제작 규정 분석



부재 가격 규정 분석


재료명	단위	규격	단위수량 [개]	단가 [백만원]
MDF BASE	개	400mm x 400mm x 6mm	1	-
MDF Strip	개	600mm x 4mm x 6mm	1	10
MDF Plate	개	200mm x 200mm x 6mm	1	100
면줄	식	600mm	1	10
A4지	장	A4	1	10
접착제	개	20g	1	200

진동대 실험 규정


설계지진 재현주기(년)	내진성능수준			
	기능수행	즉시복구	장기복구/인명보호	붕괴방지
500	내진특등급	내진특등급	내진1등급	내진2등급
2400				내진특등급

구조물 파괴 시의 목표 가속도: 0.7g

CONTENTS



부산대학교 건축공학과
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY DEPARTMENT OF ARCHITECTURE ENGINEERING




02 Main Subject


- 재료 물성치 분석
- 구조물 설계 및 분석
- 구조물 실험 과정

7


02. MAIN - 재료 물성치 분석



부산대학교 건축공학과
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY DEPARTMENT OF ARCHITECTURE ENGINEERING



MDF 탄성계수




δ	P	L	I
16mm	4.9N	250mm	832m ⁴


캔틸레버 보의 처짐식 : $\delta = \frac{PL^3}{3EI}$
 $E = \frac{PL^3}{3I\delta}$ 식에 측정값 대입, 탄성계수 계산
 이때, δ = 처짐(mm), P = 하중(kgf), L = 경간거리(mm)
 E = 탄성계수(N/m²) I = x축 단면2차모멘트(m⁴)

➔ **E = 1917MPa(N/m²)**


단면 형상에 따른 I값(단면 2차 모멘트)




$$I_x = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72m^4 \quad I_y = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32m^4$$




$$I_x = \frac{8 \times 12^3}{12} = 1,152m^4 \quad I_y = \frac{12 \times 8^3}{12} = 512m^4$$



$$I_x = \frac{12 \times 10^3}{12} = 1,000m^4 \quad I_y = \frac{10 \times 12^3}{12} = 1,440m^4$$



$$I_x = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832m^4$$



$$I_y = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832m^4$$

MDF Strip 축강도

부재개수	단면적	축강도
1	24m ²	46,008N
2	48m ²	92,016N
3	72m ²	138,024N
4	96m ²	184,032N

축강도식 : $K = EA$

➔ **충분한 축강도 확보, 축 방향 파괴 가능성 낮음**

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2022

8

02. MAIN - 구조물 설계 및 분석



■ 기둥 구성 (스트립 수)



- 5개를 사용시 압축과 강축의 강성의 차이가 심함.
- 취약 부분에 의해 전체 구조의 성능이 결정되므로 균등한 10mm*10mm 단면 사용.
- 더 큰 단면 성능 확보 + 경제성 확보

■ 거сет 플레이트



- 플레이트 판을 가공하고 남은 재료를 이용해 경제성 확보
- 기둥과 슬래브 사이에 설치하여 구조물의 강성을 높여 내진 성능 향상

■ X자 가새



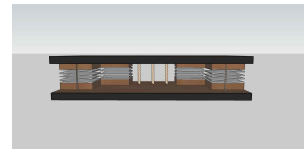
- 변위가 가장 적은 X자형 가새를 선정하여 휨력에 저항
- 기둥 제작하고 남은 strip을 활용하여 경제성 향상
- 부재의 강성을 높여 내진 성능 향상
- 거сет 플레이트판에 가새를 덮으므로 가새 길이 축소 → 경제적 설계

■ 중심 코어



- 슬래브를 제작하고 남은 plate를 이용해 3cm*3cm 코어 설치
- 상부의 힘을 견뎌줄 구조요소로서 plate를 이용한 코어를 설치하여 강성을 높임 → 경제성 및 내진 성능 확보

■ 면진층



- 면줄과 종이 덩퍼를 이용하여 면진층 구성
- 면줄의 장력을 최대한 활용
- 면진장치를 이용하여 건물의 주기를 길게 변화시켜 지진력의 전달을 저감

■ 톱밥 사용

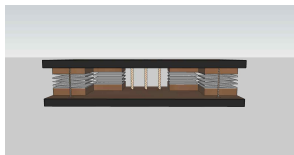


- 목재 가공 시 나오는 톱밥을 모아 접합시에 사용하여 접합 강도를 높임
- 톱사이트 정착제와 톱밥이 만나 강접합 구현

02. MAIN - 구조물 설계 및 분석



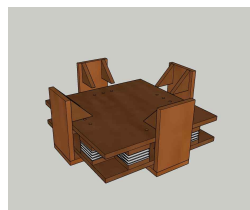
■ 면진층



- 면줄과 종이 덩퍼를 이용하여 면진층 구성
- 면줄의 장력을 최대한 활용
- 면진 장치를 이용하여 건물의 주기를 길게 변화시켜 지진력의 전달을 저감

■ 문제점

- 수직 변위에 대한 대비 부족
- 강한 충격력으로 인해 아래층 슬래브 찢어지는 현상 발생



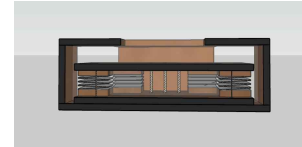
- 수직 변위에 대한 대비로서 '디자인 가이드라인' 설치
- 여분의 plate를 이용하여 제작

■ 문제점

- 외력을 받을시 강한 충격력으로 인하여 가이드라인 붕괴
- 수직 변위 방지에 대한 역할 부족

■ 새로운 디자인의 도출

- 튜브형 가이드라인

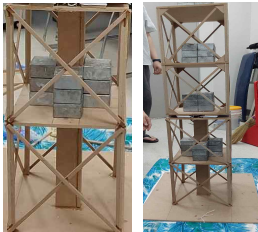


- 수직 변위를 잡아주기 위해 튜브형 가이드라인 설치
- 수직 변위 뿐만 아니라 수평 변위 또한 잡아줌
- 접착면이 커져 더 많은 충격을 견딜 수 있음

02. MAIN - 구조물 실험 과정



1차 모델링



▲ 1,2층을 연결하는 코어 기둥 ▲ 1차 구조물 모델링



▲ 종이 뎀퍼와 실을 이용한 연진시스템

예상되는 점

- 연진구조로서 종이뎀퍼와 실을 이용
- 중간층 연진 효과로 인한 시간지연으로 충격력을 감소시켜 줄 것이라 예상



실험 결과

- 외력으로부터 생기는 수직 변위를 잡아주지 못해 계속된 수직력으로 슬래브 찢어짐 현상
- 0.4g 에서 슬래브 찢어짐으로 인한 파단

1차 실험 결과



▲ 슬래브가 파단된 모습



▲ 파단된 후의 구조물

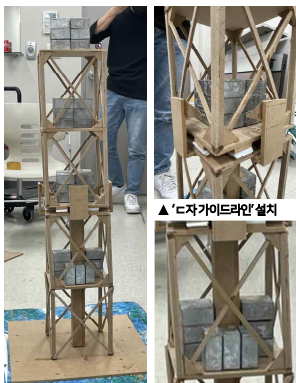
문제점 & 보완해야할 점

- 수직 변위에 대하여 대처방안이 필요
- 2층 슬래브의 보강이 필요

02. MAIN - 구조물 실험 과정



2차 모델링



▲ 2차 모델링

▲ 2층 슬래브에 거넷 플레이트 부착

예상되는 점

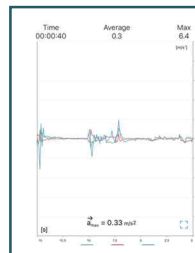
- 'D자 가이드라인'이 수직 변위에 대해 대처할 것으로 예상
- 2층 슬래브를 보강함으로써, 슬래브의 파단은 없을 것이라 예상



실험 결과

- 외력이 크게 작용할 시 '연진만이' D자 가이드라인을 쳐 가이드라인 탈락
- 0.5g 에서의 가이드라인 탈락으로 인한 파단

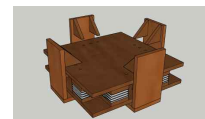
가이드라인에 대한 개선방안



▲ 실험 결과

문제점 & 보완해야할 점

- 가이드라인이 탈체화가 되지 않아 가이드라인 각각에 응력 집중되어 파단
- 탈체화가 되고 응력 집중이 안 될 가이드라인에 대한 연구 필요



▲ D자 가이드라인



▲ 개선된 튜브형 가이드라인

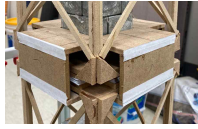
02. MAIN - 구조물 실험 과정



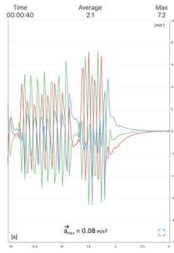
3차 모델링



▲ 3차 모델링



▲ 튜브형 가이드라인



▲ 실험결과

예상되는 점

- 가이드라인의 일체화로 인하여 가이드라인의 붕괴 없을 것이라 예상
- 만진층에서의 붕괴보다 기초에서의 붕괴가 우려됨



실험 결과

- 구조물의 파단은 평균 0.7g 가속도에서 이뤄짐
- 0.5g 가속도에서는 안전한 거동을 하였으며 0.7g에서 파단
- 진동방향에 따라 기초가 돌려 1층 돌림 파괴

최종 모델링



▲ 최종 모델링

구조적 특징

- 거셋 플레이트: 슬래브와 기둥의 일체화를 통한 강성 확보와 여분의 plate 사용으로 경제성 확보
- 튜브형 가이드라인: 튜브형 가이드라인을 통해 수직 변위에 대한 대비를 하였고, 목재의 접착면에 A4용지를 감싸 강성 확보
- 만진층: 종이 댐퍼와 면줄을 이용하여 중간층면진 효과로 인한 시간지연으로 충격력을 감소
- 4방향 거셋 플레이트: 1층의 돌림 파괴를 막기 위해 4방향으로 거셋 플레이트를 설치함으로써 기초면과 접착면을 늘려 최대한으로 일체화 시킴
- 중심 코어: 기초와 접착하는 면적을 넓히고 상부로부터의 하중을 견디기 위한 구조

CONTENTS

03 Conclusion

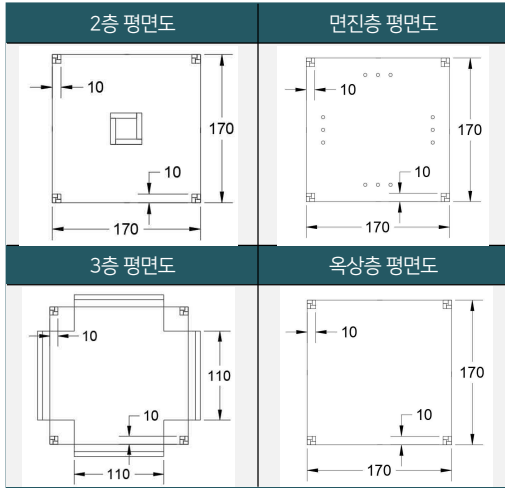
- 최종구조물
- 경제성 분석
- 시공성 분석



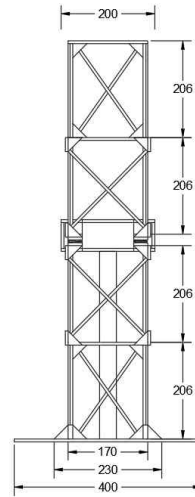
03. Conclusion – 최종 구조물



평면도



입면도



최종 모델링



03. Conclusion – 경제성 분석



경제성 분석

종류	부재명	개수	단가	비용(백만원)	합계(백만원)
Strip	기둥	24	10	240	400
	가새	8		80	
	가새	8		80	
Plate	슬라브	5	100	500	900
	십자 슬라브	2		200	
	코어,거셋,면진 구조	2		200	
면줄	면줄	4	10	40	40
본드	본드	3	200	600	600
A4	A4	6	10	60	60
총합	$400 + 900 + 40 + 600 + 60 = 2000$ (백만원)				

03. Conclusion – 시공성 분석



■ 시공성 분석

구분	공 정 표											
	소요시간											
	1시간						2시간					
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분
기둥 제작	■	■										
슬라브 제작	■											
면진층 친공		■										
면진층 제작		■	■	■	■							
기둥 설치					■	■						
슬라브,면진층 설치						■	■	■				
거싯플레이트 제작			■	■	■	■						
거싯플레이트 설치							■	■	■			
가새 제작									■	■		
가새 설치									■	■	■	
하중 설치										■	■	

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2022

